



Bilagsrapport 1: Dagrenovation - systembeskrivelse

Modellering af behandlingen af dagrenovation i Herning Kommune

Larsen, Anna Warberg; Riber, Christian

Publication date:
2007

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Larsen, A. W., & Riber, C. (2007). *Bilagsrapport 1: Dagrenovation - systembeskrivelse: Modellering af behandlingen af dagrenovation i Herning Kommune*. Institut for Miljø & Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Bilagsrapport 1: Dagrenovation - systembeskrivelse

*Modellering af behandlingen af dagrenovation i
Herning Kommune*

23. marts 2007

Anna Warberg Larsen
Christian Riber
Institut for Miljø & Ressourcer
Danmarks Tekniske Universitet

Indhold

1	INDLEDNING	2
2	DATAINDSAMLING	3
3	SYSTEMBESKRIVELSE	4
3.1	INDSAMLINGSORDNINGER FOR DAGRENOVATION	4
3.2	AFFALDSFRAKTIONER I MODELLERINGEN	5
3.3	AFFALDSMÆNGDER	6
4	MODELLERING AF AFFALDSSAMMENSÆTNING I EASEWASTE	7
4.1	MATERIALEFRAKTIONSMODELLEN	7
4.2	FORBRÆNDINGSTEST	7
4.3	BEREGNING AF AFFALDSSAMMENSÆTNING	7
4.4	SORTERINGSEFFEKTIVITET	10
4.5	POTENTIALE FOR EMBALLAGEAFFALD	11
5	MODELLERING AF AFFALDSBEHANDLING I EASEWASTE	12
5.1	PAPIR OG PAP	12
5.1.1	Behandlingsform	12
5.1.2	Modellering	12
5.1.3	Transport	13
5.2	GLAS OG FLASKER	13
5.2.1	Behandlingsform	13
5.2.2	Modellering	13
5.2.3	Transport	13
5.3	RESTAFFALD	13
5.3.1	Behandlingsform	13
5.3.2	Modellering	14
5.3.3	Transport	14
5.4	P-KASSER	15
5.4.1	Behandlingsform	15
5.4.2	Modellering	15
5.5	EMBALLAGEAFFALD	15
5.5.1	Behandlingsform	15
5.5.2	Modellering	15
5.5.3	Transport	16
6	REFERENCER	17
BILAG 1: FORBRÆNDINGSTEST		18
BILAG 2: KORREKTION AF AFFALDSSAMMENSÆTNING		21

1 Indledning

Denne datarapport indgår som et led i et projektförøb, der har til formål at vurdere de samlede potentielle miljøpåvirkninger ved håndteringen af husholdningsaffald i Herning Kommune. I projektet opstilles en model for hele affaldssystemet i Herning Kommune, som senere er udgangspunktet for modellering af miljøpåvirkningerne i miljøvurderingsværktøjet EASEWASTE.

Rapporten indeholder først en kort beskrivelse af indsamlingsordningerne for dagrenovation i Herning Kommune samt opgørelse af de indsamlede mængder i 2005.

Næste afsnit handler om modellering af affaldssammensætningen. Dagrenovation modelleres i miljøvurderingsværktøjet EASEWASTE ved en sammensætning fordelt på 48 materialefraktioner. Der redegøres i afsnittet for hvorledes fordelingen af materialefraktioner i husholdningsaffald beregnes. På baggrund heraf beregnes sorteringseffektiviteter for papir og glas.

I det sidste afsnit beskrives, hvordan behandlingen af papir, glas, restaffald samt fraktioner fra p-kassen modelleres i EASEWASTE. For hver affaldsfraktion gives en beskrivelse af behandlingsformen, datakilder samt beregning af transportafstande.

Data vedrørende affaldsgenerering, indsamling og transport er beskrevet i bilagsrapport 5.

2 Dataindsamling

Beskrivelse af indsamlingsordninger er baseret på oplysninger fra Herning Kommune. De registrerede mængder af dagrenovation er ligeledes oplyst af Herning Kommune.

Affaldssammensætningen beskrives med *materialefraktionsmodellen*, som er udviklet af Institut for Miljø & Ressourcer på grundlag af Econets undersøgelse af sammensætningen af dansk restaffald (Petersen & Domela, 2003). Denne model er valgt, da der ikke er foretaget analyser af dagrenovationens sammensætning i Herning Kommune.

Beskrivelse af behandlingsanlæggene for dagrenovation er baseret på oplysninger fra de respektive anlæg. Modellering af de genanvendelige fraktioner i dagrenovationen foretages på grundlag af den eksisterende database i EASEWASTE, mens forbrændingsanlægget i Herning, Knudmoseværket, er modelleret ud fra en forbrændingstest udført i 2005. Det har ikke været muligt at indhente data fra de øvrige anlæg, og derfor er databasen i EASEWASTE anvendt, da det er bedre at anvende veldokumenterede, generelle data fremfor utilstrækkelige data fra de faktiske anlæg.

3 Systembeskrivelse

3.1 Indsamlingsordninger for dagrenovation

Dagrenovation består i Herning Kommune af følgende affaldsfraktioner:

- Restaffald (brændbart affald)
- Aviser/blade/papir
- Småt pap/karton
- Glas og flasker – klart
- Glas og flasker – farvet
- Udsorteret 'problemaffald'
- Kompostérbart vegetabilsk affald

Restaffaldet fra husholdningerne består af bl.a. madaffald, beskidt og vådt papir, plastik, bleer og emballageaffald. Det behandles på kommunens forbrændingsanlæg, Knudmoseværket.

Der indsamles to papirfraktioner til genanvendelse. Fraktionen *aviser/blade/papir* må indeholde aviser, blade, reklamer, telefonbøger og breve eller populært sagt "det, der kommer i postkassen". Fraktionen må ikke indeholde pap. Det hører til i fraktionen *småt pap/karton*, som fx må indeholde mindre stykker papemballage, paprør fra toiletpapir og køkkenruller og æggebakker. Større papkasser kan bortskaffes som storskrald.

Glas og flasker indsamles til genanvendelse, og til fraktionen hører alle slags øl-, vin-, og spiritusflasker og glaseballager. Alle former for vinduesglas, krystalglas og elpærer må ikke komme i denne fraktion.

Indsamling af dagrenovation, papir og glas er udliciteret til vognmandsvirksomheden Marius Pedersen A/S. Ordningerne for restaffald og papir er obligatoriske for alle husstande. Enfamilieboliger har som udgangspunkt 2 stk. 240 liter beholdere, hvoraf den ene anvendes til opsamling af restaffald, mens den anden er opdelt af en skillevæg og anvendes til de to papirfraktioner. Beholderen til restaffald tømmes hver 2. uge, mens papirfraktionerne afhentes hver 4. uge. Hos etageboliger anvendes fælles 400 liter og 600 liter beholdere til de tre fraktioner. Restaffaldet afhentes her hver uge, mens papirfraktionerne afhentes hver anden uge. Tabel 1 viser oversigt over beholdertype og tømningsfrekvenser for ordningerne (Herning Kommune, 2003).

Tabel 1. Dagrenovationsordninger i Herning Kommune (Herning Kommune, 2003).

Henteordning for dagrenovation	Enfamilieboliger	Etageboliger
Restaffald	240 liter beholder Tømning hver 2. uge	400 eller 600 liter beholder Tømning hver uge
Aviser/blade/papir	240 liter beholder med skillevæg Tømning hver 4. uge	400 liter beholder Tømning hver 2. uge
Småt pap/karton		400 liter beholder Tømning hver 2. uge

For fraktionen *glas og flasker* er der etableret en bringeordning, hvor der skal sorteres i klart og farvet glas. Der er opstillet containere på centrale steder i kommunens byer og hos etageboliger. Det er desuden muligt at aflevere papir og glas på genbrugspladsen, og der indsamles også en mindre mængde glas via p-kasseordningen.

P-kasseordningen er indført for at mindske mængden af *problemaffald* i restaffald. Det er en henteordning i form af en kasse, hvor i borgerne kan komme farligt affald og andre problematiske

affaldsfraktioner såsom PVC, EE-affald, lyskilder, batterier, skarpe genstande og plast- og metalemballage. Kassen stilles frem og ombyttes ved afhentning af restaffald, papir eller storskrald. Borgerne kan også selv ombytte kassen på genbrugspladsen.

Borgerne kan udover de nævnte ordninger vælge at hjemmekompostere vegetabilsk affald. Desuden er det muligt på genbrugspladsen at aflevere større mængder fordærvet madaffald, fx fra fryserne, der har været ud af funktion.

3.2 Affaldsfraktioner i modelleringen

Alle fraktioner af dagrenovation er inkluderet i miljøvurderingen med undtagelse af vegetabilsk affald til hjemmekompostering og fordærvet madaffald til særlig bortskaffelse. Mængderne af disse fraktioner er ukendte. Hvis hjemmekompostering af vegetabilsk affald er udbredt, kan det have betydning for restaffaldets sammensætning, men det formodes, at hjemmekompostering ikke er mere eller mindre udbredt i Herning Kommune end andre steder i Danmark.

Papir og pap indsamles i henholdsvis to kvaliteter, nemlig avisrapir og blandet papir. Der er forskel på, hvorledes disse fraktioner kan genanvendes, hvilket der tages højde for i modelleringen. Glasaffald betragtes som en fraktion, selvom det er blevet sorteret i to kvaliteter. Der er ikke tilstrækkelige data til at kunne vurdere forskellen. Det vurderes, at denne antagelse ikke har praktisk betydning for den overordnede miljøvurdering af affaldssystemet, da det drejer sig om mindre detaljer af affaldsbehandlingen. Desuden er denne detaljeringsgrad vanskelig at inddrage i miljøvurdering af hele systemer.

P-kasseordningen benyttes formentligt af indbyggere, der har begrænset adgang til andre indsamlingsordninger. Det kan være folk, der ikke besøger genbrugspladsen så ofte, folk i etageboliger, hvor der ikke er en viceværtordning, eller folk, der ikke kan aflevere det hos forhandlere. Selvom der egentligt er tale om farligt affald, formodes det, at dette affald ville være endt i restaffald og ikke i en indsamlingsordning for farligt affald, hvis p-kasseordningen ikke havde været der. Derfor antages det, at alle fraktionerne i p-kasserne faktisk udsorteres fra restaffaldet. Affaldet i p-kasserne bliver sorteret i følgende fraktioner: Spraydåser, medicin, lyskilder, batterier, malingaffald, T (gift), X (uorganiske kemikalier), glas, jern og metal, blyakkumulatorer, EE-affald, deponiaffald og brændbart affald. Affaldsfraktionerne T (gift) og X (uorganiske kemikalier) fra p-kasserne er ikke inkluderet i modelleringen, da de optræder i meget små mængder, og registreringen af dem derfor er usikker. Blyakkumulatorer fra p-kasserne er heller ikke inkluderet, da de regnes for storskrald og ikke dagrenovation, men de beskrives i bilagsrapport 2. Spraydåser, medicin, lyskilder, batterier, maling, EE-affald og deponiaffald inkluderes ikke komplet i miljøvurderingen. Der regnes på, at de udsorteres fra restaffaldet, men behandling af dem inkluderes ikke, da der ikke er tilstrækkeligt data for det. Der henvises i øvrigt til bilagsrapport 3 om farligt affald for vurdering af maling og batterier.

Samlet set inkluderes følgende affaldsfraktioner og indsamlingsordninger i miljøvurderingen:

- Henteordning for restaffald (Restaffald)
- Henteordning for papir (Papir hente)
- Henteordning for pap (Pap hente)
- Papir på genbrugspladsen (Papir gp)
- Pap på genbrugspladsen (Pap gp)
- Bringeordning for glas (Glas bringe)
- Glas på genbrugspladsen (Glas gp)
- P-kasseordning: Glas, jern og metal og brændbart affald (P-kasse)

3.3 Affaldsmængder

De totale mængder indsamlet dagrenovation i Herning Kommune i 2005 er vist i Tabel 2 (Herning Kommune, 2006). Alle mængder er fra årsopgørelsen for 2005 med undtagelse af lyskilder i p-kasser, der stammer fra opgørelsen for p-kasser 2004.

Samlet set indsamles 333 kg dagrenovation pr. indbygger pr. år i kommunen under antagelse af, at mængden af dagrenovation er uafhængig af boligform. Der regnes med 58.702 indbyggere i kommunen, jf. bilagsrapport 5 om affaldsgenerering.

Tabel 2. Total mængde dagrenovation Herning Kommune 2005 (Herning Kommune, 2006).

Affaldsfraktion	Total mængde i 2005 [ton]	Mængde pr. indbygger i 2005 [kg]
Restaffald	13.728	234
Papir total mængde	4.842	82
<i>Papir og pap – henteordning</i>	<i>4.745</i>	<i>81</i>
<i>Papir og aviser – genbrugspladsen</i>	<i>97</i>	<i>2</i>
Glas total mængde	848	14
<i>Glas – bringeordning</i>	<i>722</i>	<i>12</i>
<i>Glas – genbrugspladsen</i>	<i>126</i>	<i>2</i>
P-kasse total mængde	114	2
<i>Glas</i>	<i>5,8</i>	
<i>Jern og metal</i>	<i>26,8</i>	
<i>EE-affald</i>	<i>5,7</i>	
<i>Deponiaffald</i>	<i>30,7</i>	
<i>Brændbart affald</i>	<i>24,1</i>	
<i>Spraydåser</i>	<i>3,6</i>	
<i>Medicin</i>	<i>0,6</i>	
<i>Lyskilder</i>	<i>0,6</i>	
<i>Batterier</i>	<i>8,0</i>	
<i>Maling</i>	<i>7,9</i>	
Total	19.532	333

4 Modellering af affaldssammensætning i EASEWASTE

4.1 Materialefraktionsmodellen

Modelleringen tager udgangspunkt i en model for fordelingen af *materialefraktioner* i restaffald. I en sorteringsanalyse af restaffald foretaget af Econet (Domela & Petersen, 2003) blev restaffald fra flere danske kommuner sorteret i 123 delfraktioner. Institut for Miljø & Ressourcer har efterfølgende grupperet delfraktionerne i 48 materialefraktioner og analyseret den kemiske sammensætning af hver materialefraktion (Riber & Christensen, 2006). Dette er blevet til en model for både den fraktionelle og kemiske sammensætning af dansk restaffald. Hertil er adderet den gennemsnitlige mængde af udsorteret papir og glas, således at modellen også beskriver den fraktionelle sammensætning af dansk dagrenovation. Modellens data er opdelt på enfamilie- og flerfamilieboliger, da disse to boligtyper har forskellig affaldssammensætning. Derimod viser det sig, at mængden af affald pr. person ikke varierer med boligtypen. Mængden af affald pr. husstand varierer dog, da de to boligtyper har forskellige husstandsstørrelser.

Modellens data er fra 2001, men den er opdateret mht. papirfraktionerne, da mængden af papiraffald er steget kraftigt siden. Dette skyldes større produktion af reklamer og gratisaviser. Hvorledes, papirfraktionerne er justeret, er beskrevet i bilag 2. Modellen kan yderligere justeres, hvis man har data for regionale afvigelser. Der er dog ingen øvrige undersøgelser i Herning Kommune, der viser, at affaldssammensætningen afviger fra landsgennemsnittet. Dog er modellen sammenlignet med forbrændingstest af restaffald på Knudmoseværket, hvilket er beskrevet nærmere i næste afsnit.

4.2 Forbrændingstest

I Herning Kommune udføres også en forbrændingstest på restaffald på byens forbrændingsanlæg, Knudmoseværket. Analyser fra testen angiver den kemiske sammensætning af det blandede restaffald. Fremgangsmåde og resultat er beskrevet i bilag 1.

Forbrændingstestens resultat kan sammenlignes med materialefraktionsmodellens beregning af affaldets kemiske sammensætning. Hvis der er væsentlige forskelle mellem de to beregninger, må materialefraktionsmodellens forudsætninger justeres. Det viste sig, at den beregnede brændværdi og klorindhold var lavere end det målte. Dette blev korrigeret ved at øge andelen af animalsk madaffald og plast i restaffald, fordi disse er de vigtigste kilder til klor samt har en høj brændværdi. På samme måde blev andelen af batterier reduceret, fordi det beregnede kviksølvindhold var højere end det målte. Yderligere blev den kemiske sammensætning justeret på 6 metaller, hvor de beregnede værdier var lavere end de målte. En del af de kemiske analyser er foretaget på forholdsvis små mængder af visse materialefraktioner, og der er sandsynlighed for, at prøverne ikke har været tilstrækkeligt repræsentative. Forbrændingstesten er en analyse på en større mængde affald, og den er derfor en god måde at optimere materialefraktionsmodellen på. Fremgangsmåden for korrektionerne er nærmere beskrevet i bilag 2.

4.3 Beregning af affaldssammensætning

Den fraktionelle sammensætning af dansk dagrenovation er multipliceret med mængden af dagrenovation pr. Herning-borger (333 kg pr. år) for at beregne mængden af hver materialefraktion. Derefter er det beregnet hvor meget affald, der fjernes fra hver materialefraktion ved udsortering af genanvendelige materialer. Tilbage er mængden af hver materialefraktion i restaffaldet. Det er kun ved modellering af forbrænding af restaffald, at den kemiske sammensætning har betydning. Genanvendelsesprocesserne modelleres uafhængigt af affaldets kemiske sammensætning. Tabel 3 og Tabel 4 viser den fraktionelle sammensætning af dagrenovation i totale mængder for henholdsvis enfamilie- og etageboliger. Den relative fordeling af materialefraktioner er forskellig for de to

boligtyper. Der bor væsentligt flere mennesker i enfamilieboliger end i etageboliger. Derfor udsorteres de største mængder af papir, glas og p-kasse-fraktioner fra enfamilieboligerne. Det ses af tabellerne, at papir udsorteres fra 6 materialefraktioner, pap fra 2 og glas fra 3. For p-kassefraktionerne er det delvist skønnet, hvor affaldet er udsorteret fra. Der er gjort følgende antagelser:

- ♦ Maling: 50% Andet brændbart affald, 50% Andet metal
- ♦ Spraydåser: 100% Metalbeholdere
- ♦ Medicin: 40% Andet glas, 50% Plastflasker, 10% Andet brændbart affald
- ♦ Lyskilder: 100% Andet ikke-brændbart affald
- ♦ Batterier: 100% Batterier
- ♦ EE-affald: 100% Andet ikke-brændbart affald
- ♦ Jern og metal: 13,75% Alubeholdere, 16,95% Alubakker og -folie, 29,9% Metalbeholdere, 5,92% Metalfolie, 33,49% Andet metal (svarende til sammensætningen af metal i dagrenovation)
- ♦ Glas: 33,3% Klart glas, 33,3% Grønt glas, 33,3% Brunt glas
- ♦ Brændbart affald: 100% Andet brændbart affald
- ♦ Deponiaffald: 30% Keramik, 20% Andet af glas, 10% Andet brændbart, 10 % Kattegrus, 20% Andet ikke brændbart, 10% Andet metal.

Tabel 3. Fraktionel sammensætning af dagrenovation fra enfamilieboliger.

No.	Materialefraktion	Relativ fordeling	Dagrenovation Total [ton]	Papir [ton]	Pap [ton]	Glas [ton]	P-kasse [ton]	Restaffald [ton]
1	Animalsk madaffald	8,96%	1251,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1251,9
2	Vegetabilsk madaffald	22,40%	3129,8	0,0	0,0	0,0	0,0	3129,8
3	Aviser	7,16%	1000,5	922,1	0,0	0,0	0,0	78,4
4	Ugeblade	1,96%	274,5	252,9	0,0	0,0	0,0	21,5
5	Reklamer	6,92%	967,1	891,3	0,0	0,0	0,0	75,8
6	Telefonbøger	0,46%	64,2	59,2	0,0	0,0	0,0	5,0
7	Kontorpapir	1,56%	218,6	201,5	0,0	0,0	0,0	17,1
8	Rent papir	4,38%	612,0	564,0	0,0	0,0	0,0	48,0
9	Papbeholdere	3,36%	468,9	0,0	423,7	0,0	0,0	45,3
10	Andet pap	1,18%	165,4	0,0	149,4	0,0	0,0	16,0
11	Mælkekartoner	1,82%	255,0	0,0	0,0	0,0	0,0	255,0
12	Juicekartoner	0,54%	75,7	0,0	0,0	0,0	0,0	75,7
13	Aftøringspapir	2,00%	279,3	0,0	0,0	0,0	0,0	279,3
14	Snavset papir	1,89%	264,1	0,0	0,0	0,0	0,0	264,1
15	Snavset pap	0,98%	137,1	0,0	0,0	0,0	0,0	137,1
16	Blød plast	0,69%	96,4	0,0	0,0	0,0	0,0	96,4
17	Plastflasker	0,64%	90,1	0,0	0,0	0,0	0,2	89,9
18	Hårdt plast	0,25%	34,9	0,0	0,0	0,0	0,0	34,9
19	Andet plast	9,14%	1276,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1276,9
20	Haveaffald	2,86%	399,0	0,0	0,0	0,0	0,0	399,0
21	Dyr mm.	0,66%	92,2	0,0	0,0	0,0	0,0	92,2
22	Bleer mm.	3,37%	470,5	0,0	0,0	0,0	0,0	470,5
23	Vatpinde mm.	0,08%	10,7	0,0	0,0	0,0	0,0	10,7
24	Andet vat	0,14%	19,6	0,0	0,0	0,0	0,0	19,6
25	Træ	0,25%	34,6	0,0	0,0	0,0	0,0	34,6
26	Tekstiler	1,29%	179,7	0,0	0,0	0,0	0,0	179,7
27	Sko og læder	0,30%	41,4	0,0	0,0	0,0	0,0	41,4
28	Gummi mm.	0,04%	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3

No.	Materialefraktion	Relativ fordeling	Dagrenovation Total [ton]	Papir [ton]	Pap [ton]	Glas [ton]	P-kasse [ton]	Restaffald [ton]
29	Sammensatte plastprodukter	0,24%	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0	33,3
30	Cigaretskodder	0,14%	19,5	0,0	0,0	0,0	0,0	19,5
31	Andet brændbart affald	0,59%	82,3	0,0	0,0	0,0	22,3	60,0
32	Støvsugerposer	0,61%	85,3	0,0	0,0	0,0	0,0	85,3
33	Klart glas	2,66%	371,8	0,0	0,0	202,2	1,4	168,2
34	Grønt glas	2,66%	371,8	0,0	0,0	202,2	1,4	168,2
35	Brunt glas	2,66%	371,8	0,0	0,0	202,2	1,4	168,2
36	Andet glas	0,20%	27,9	0,0	0,0	0,0	4,6	23,3
37	Alubeholdere	0,32%	44,4	0,0	0,0	0,0	2,6	41,7
38	Alubakker og -folie	0,39%	54,7	0,0	0,0	0,0	3,2	51,4
39	Metalbeholdere	0,69%	96,5	0,0	0,0	0,0	8,3	88,2
40	Metalfolie	0,14%	19,1	0,0	0,0	0,0	1,1	18,0
41	Andet metal	0,77%	108,0	0,0	0,0	0,0	11,5	96,6
42	Jord	0,24%	33,1	0,0	0,0	0,0	0,0	33,1
43	Sten mm.	0,54%	75,8	0,0	0,0	0,0	0,0	75,8
44	Aske	0,20%	28,5	0,0	0,0	0,0	0,0	28,5
45	Keramik	0,38%	53,2	0,0	0,0	0,0	6,6	46,6
46	Kattegrus	0,94%	131,2	0,0	0,0	0,0	2,2	129,0
47	Batterier	0,10%	14,1	0,0	0,0	0,0	5,7	8,3
48	Andet ikke-brændbart affald	0,26%	36,3	0,0	0,0	0,0	8,9	27,4
	Total	100,00%	13973,9	2891,1	573,1	606,7	81,4	9821,6

Tabel 4. Fraktionel sammensætning af dagrenovation fra etageboliger.

No.	Materialefraktion	Relativ fordeling	Dagrenovation Total [ton]	Papir [ton]	Pap [ton]	Glas [ton]	P-kasse [ton]	Restaffald [ton]
1	Animalsk madaffald	8,63%	479,8	0,0	0,0	0,0	0,0	479,8
2	Vegetabilsk madaffald	20,18%	1121,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1121,6
3	Aviser	7,56%	420,1	366,8	0,0	0,0	0,0	53,3
4	Ugeblade	2,07%	115,2	100,6	0,0	0,0	0,0	14,6
5	Reklamer	7,31%	406,0	354,5	0,0	0,0	0,0	51,5
6	Telefonbøger	0,49%	27,0	23,5	0,0	0,0	0,0	3,4
7	Kontorpapir	1,65%	91,8	80,1	0,0	0,0	0,0	11,6
8	Rent papir	4,62%	256,9	224,3	0,0	0,0	0,0	32,6
9	Papbeholdere	3,55%	197,2	0,0	168,5	0,0	0,0	28,7
10	Andet pap	1,25%	69,5	0,0	59,4	0,0	0,0	10,1
11	Mælkekartoner	1,35%	75,1	0,0	0,0	0,0	0,0	75,1
12	Juicekartoner	0,40%	22,3	0,0	0,0	0,0	0,0	22,3
13	Aftøringspapir	2,76%	153,4	0,0	0,0	0,0	0,0	153,4
14	Snavset papir	1,40%	77,8	0,0	0,0	0,0	0,0	77,8
15	Snavset pap	0,73%	40,4	0,0	0,0	0,0	0,0	40,4
16	Blød plast	0,71%	39,7	0,0	0,0	0,0	0,0	39,7
17	Plastflasker	0,67%	37,1	0,0	0,0	0,0	0,1	37,0
18	Hårdt plast	0,26%	14,4	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4
19	Andet plast	9,08%	504,7	0,0	0,0	0,0	0,0	504,7
20	Haveaffald	1,68%	93,4	0,0	0,0	0,0	0,0	93,4
21	Dyr mm.	0,39%	21,6	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6
22	Bleer mm.	5,67%	315,2	0,0	0,0	0,0	0,0	315,2
23	Vatpinde mm.	0,13%	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	7,1
24	Andet vat	0,24%	13,1	0,0	0,0	0,0	0,0	13,1

No.	Materialefraktion	Relativ fordeling	Dagrenovation Total [ton]	Papir [ton]	Pap [ton]	Glas [ton]	P-kasse [ton]	Restaffald [ton]
25	Træ	0,27%	14,8	0,0	0,0	0,0	0,0	14,8
26	Tekstiler	1,38%	76,9	0,0	0,0	0,0	0,0	76,9
27	Sko og læder	0,32%	17,7	0,0	0,0	0,0	0,0	17,7
28	Gummi mm.	0,04%	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3
29	Sammensatte plastprodukter	0,26%	14,3	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3
30	Cigaretskodder	0,15%	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3
31	Andet brændbart affald	0,63%	35,2	0,0	0,0	0,0	8,9	26,3
32	Støvsugerposer	0,66%	36,5	0,0	0,0	0,0	0,0	36,5
33	Klart glas	2,67%	148,4	0,0	0,0	80,4	0,5	67,5
34	Grønt glas	2,67%	148,4	0,0	0,0	80,4	0,5	67,5
35	Brunt glas	2,67%	148,4	0,0	0,0	80,4	0,5	67,5
36	Andet glas	0,26%	14,4	0,0	0,0	0,0	1,8	12,6
37	Alubeholdere	0,30%	16,5	0,0	0,0	0,0	1,0	15,4
38	Alubakker og -folie	0,37%	20,3	0,0	0,0	0,0	1,3	19,0
39	Metalbeholdere	0,64%	35,8	0,0	0,0	0,0	3,3	32,5
40	Metalfolie	0,13%	7,1	0,0	0,0	0,0	0,5	6,6
41	Andet metal	0,72%	40,1	0,0	0,0	0,0	4,6	35,6
42	Jord	0,28%	15,3	0,0	0,0	0,0	0,0	15,3
43	Sten mm.	0,63%	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,0
44	Aske	0,24%	13,1	0,0	0,0	0,0	0,0	13,1
45	Keramik	0,44%	24,6	0,0	0,0	0,0	2,6	21,9
46	Kattegrus	1,09%	60,6	0,0	0,0	0,0	0,9	59,7
47	Batterier	0,12%	6,5	0,0	0,0	0,0	2,3	4,2
48	Andet ikke-brændbart affald	0,30%	16,8	0,0	0,0	0,0	3,5	13,2
	Total	100,00%	5557,9	1149,9	227,9	241,3	32,4	3906,4

4.4 Sorteringseffektivitet

Sorteringseffektiviteter anvendes ofte som indikatorer på affaldssystemers ydeevne, da de måler hvor meget af den potentielle mængde genanvendelige materialer, der udsorteres.

Sorteringseffektiviteterne for de genanvendelige materialer – papir, pap, glas og p-kassefraktioner – er beregnet på grundlag af mængder i Tabel 3 og Tabel 4 og anvendes ved modelleringen i EASEWASTE. I Tabel 5 ses hvor høje sorteringseffektiviteter, der opnås i følge materialefraktionsmodellen, for papir, pap, glas og batterier.

Tabel 5. Sorteringseffektiviteter for genanvendelige materialer.

Sorteringseffektiviteter	Enfamilieboliger	Etageboliger
Papir – henteordning	91,2%	86,3%
Pap – henteordning	84,0%	79,5%
Papir – genbrugspladsen	0,9%	0,9%
Pap – genbrugspladsen	6,3%	6,0%
Glas – bringeordning	46,3%	46,1%
Glas – genbrugspladsen	8,1%	8,1%
Batterier – p-kasseordning	40,8%	35,1%

Sorteringseffektiviteterne for papir og pap er 85-90% af den potentielle mængde i dagrenovation. Dette er højt, men husstandsindsamlingen har fungeret i flere år, og systemet er let tilgængeligt for borgerne i og med, at de har en 240 liters beholder stående. Derfor er en høj effektivitet forventeligt. 90% effektivitet for papir i enfamilieboliger er fastsat af DTU for at korrigere for mængden af papiraffald er steget fra 2001 til 2005, jf. afsnit 4.1.

Ordningerne for glas har en effektivitet på ca. 54%, hvilket er højt for bringeordninger. Dette viser, at de eksisterende ordninger er velfungerende.

P-kasseordningen er en nyere ordning. Udsortering af batterier fra restaffald er en væsentlig effekt af ordningen, og det ses, at mængden i restaffald er reduceret 35-40%. Tre fjerdedele af de indsamlede batterier i Herning Kommune er indsamlet via P-kasseordningen, se også bilagsrapport 3 om farligt affald).

4.5 Potentiale for emballageaffald

I miljøvurdering regnes også på udsortering af genanvendeligt plast- og metalemballage. Derfor skal potentialet for disse fraktioner fastlægges. Hårdt plast, der er egnet til genanvendelse, vurderes udelukkende at findes i materialefraktionen *plastflasker*. Materialefraktionen *Hårdt plast* indeholder bølter som fx sildespande, der er snavsede af madrester, og er derfor ikke egnet til genanvendelse. En dansk undersøgelse har vist, at det ikke miljømæssigt kan betale sig at indsamle de snavsede emballager, da gevinsten udhules af forbruget af vand og varme til rengøring (Frees, 2002).

Samtidig er det i praksis besværligt for borgerne at skulle rengøre fx remoulade flasker.

Metalemballage findes i materialefraktionerne *Alubeholdere* og *Metalbeholdere*, som overvejende består af dåser med et hovedindhold af henholdsvis aluminium og jern. De beregnede potentielle mængder er vist i Tabel 6.

Tabel 6. Potentiale for plast- og metalemballage.

	Enfamilieboliger	Etageboliger	Total	I P-kassen	Potentiale
Plastflasker	90,1	37,1	127,2	0,3	126,9
Alubeholdere	44,4	16,5	60,9	3,6	57,3
Metalbeholdere	96,5	35,8	132,3	11,6	120,7

5 Modellering af affaldsbehandling i EASEWASTE

Affaldsbehandlingen omfatter alle slags behandlingsanlæg, såsom modtageanlæg, sorteringsanlæg og oparbejdningsanlæg, substitution af genvunden energi og materialer samt transport af affaldet udover indsamling af affaldet.

5.1 Papir og pap

5.1.1 Behandlingsform

De to fraktioner af papiraffald fra husstandsindsamling samt fra genbrugspladsen afleveres hos sorteringscentralen Averhoff & Co. i Herning (Pers. Komm. Merrild, 2005). Her bliver affaldet sorteret for større urenheder og efterfølgende bundtet i baller. Papiraffaldet klassificeres i kvaliteter (Pers. Komm. Merrild, 2005). Kvaliteten 'aviser' kan i grove træk beskrives som det materiale, man får ind gennem brevsprækken. Indholdet skal være minimum 70% aviser, mens resten må være ugeblade, brochurer ol. I princippet skal fraktionen være fri for pap og karton, og der tillades max. 2% uønskede materialer som plast, flamingo mm. Kvaliteten 'blandet papir' er en blanding af forskellige papirprodukter. En mindre del pap og karton er tilladt, men kvaliteten skal være fri for aviser ol. Der tillades max 2% uønskede materialer som plast, flamingo mm. Papiraffaldet afsættes til genanvendelse på forskellige papirfabrikker i Danmark og Nordeuropa. Genbrugspapir kan erstatte pap- og papirprodukter i forskellige kvaliteter.

5.1.2 Modellering

For sortering af papiraffald anvendes en eksisterende proces i EASEWASTE. Genvinding og substitution af aviser og blandet papir baseres ligeledes på eksisterende processer. Aviser anvendes til fremstilling af nyt avisepapir, mens det blandede papir anvendes til fremstilling af nyt pap. Genanvendelsesprocessen tager højde for, at der er en mindre mængde urenheder i papiraffaldet.

Følgende processer fra databasen anvendes:

- Sortering af papir- og papaffald: *Aarhus, Paper Sorting Facility, 2002*
- Genanvendelse af avisepapir: *2001, Newspaper, Foreign mix (MST rapport)*
- Substitution af avisepapir: *2001, Virgin Newspaper, Sweden (MST rapport)*
- Genanvendelse af blandet papir: *Cardboard, Fiskeby, 2002*
- Substitution af pap: *Cardboard, Skoghall Mill, 2002*

I affaldsbehandlingen vil der være et vist materialetab, ligesom genbrugspapir ikke altid har samme kvalitet som nyt papir. Følgende masseflow anvendes til modellering af disse tab for avisepapir:

- Papiraffald → Papir til genanvendelse: 1 kg → 1 kg
- Papir til genanvendelse → Genbrugspapir: 1 kg → 0,82 kg (18% materialetab)
- Genbrugspapir ← Nyt papir: 1 kg ← 1 kg (0% lødighedstab)

og for blandet papir

- Papiraffald → Papir til genanvendelse: 1 kg → 1 kg
- Papir til genanvendelse → Genbrugspapir: 1 kg → 0,94 kg (6% materialetab)
- Genbrugspapir ← Nyt papir: 1,1 kg ← 1 kg (10% lødighedstab)

5.1.3 Transport

Det specifikke behandlingsanlæg for papiraffaldet kendes ikke, men da oparbejdningen sker i Nordeuropa, antages det, at det i gennemsnit transporteres 500 km med lastbil.

5.2 Glas og flasker

5.2.1 Behandlingsform

Glas og flasker leveres til Midtjysk Flaskecentral i Karup (Pers. Komm. Bach, 2005). Her sorteres affaldet i hele flasker, skår og affald. Flaskerne rejses op på transportbånd, hvor de optages af et kamera. Ved hjælp af en computer kan formen på flaskerne genkendes, og over 100 typer genbrugelig flasker, fortrinsvis vinflasker, sorteres fra. Flaskerne afsættes til genfyldning i Danmark og udlandet. Øvrige flasker, fx dressingflasker og marmeladeglas, går sammen med skår til omsmeltnings fortrinsvist til Tyskland. Fordelingen af hele flasker og skår er ca. 20%/80%, mens en tilsvarende fordeling på landsplan typisk er 30%/70%. Skårene kan evt. farvesorteres på smelteværket. Selvom klart og farvet glas er blevet indsamlet separat i Herning Kommune, bliver fraktionerne ikke behandlet adskilt, da det ikke økonomisk er en fordel. De klare skår har en højere handelsværdi, men mængden fra Herning er så lille, at det alligevel ikke kan betale sig at behandle dem særskilt. Der skelnes derfor ikke mellem klart og farvet glas i miljøvurderingen. Der kommer en mindre mængde affald fra flaskesorteringen som følge af fejlsorteringer i fraktionen, hvilket fx kan være EE-affald, plastflasker og porcelæn.

5.2.2 Modellering

For sortering af glas og flasker, genfyldning og omsmeltnings anvendes eksisterende processer fra databasen i EASEWASTE. Fordelingen mellem hele flasker og skår til omsmeltnings modificeres til 20%/80%. Processerne, som anvendes, er følgende:

- Sortering: *Aarhus, Glass Sorting Facility, 2002*
- Genfyldning *Glass bottle reuse, DK, 2000*
- Omsmeltnings *Glass remanufacturing, 1996,*
- Substitution *Glass (primary, 100%)*

Der er intet svind udover det, der er inkluderet i de valgte processer:

- Glasaffald → Glas til genanvendelse/genbrug: 1 kg → 1 kg
- Glas til genfyldning → Glasflasker: 1 kg → 0,96 kg (4% materialetab)
- Glas til genanvendelse → Glasprodukt: 1 kg → 0,99 kg (1% materialetab)
- Glasprodukt/glasflasker ← Nyt glas: 1 kg ← 1 kg (0% lødighedstab)

5.2.3 Transport

Fra sorteringsanlægget i Karup afsættes glasskårene til oparbejdning i Nordeuropa, og den gennemsnitlige transportafstand er skønnet til 500 km. Genfyldning af flasker sker fortrinsvist i Danmark, og transportafstand er her skønnet til 250 km. I begge tilfælde er transportmidlet lastbiler.

5.3 Restaffald

5.3.1 Behandlingsform

Restaffald køres direkte til forbrændingsanlægget Knudmoseværket i Herning. Der er ingen forbehandling af affaldet. Forbrændingsanlægget producerer elektricitet og fjernvarme af affaldets energiindhold. Fra forbrændingsprocessen fås slagge, der genanvendes, samt restprodukt og slam, der deponeres.

5.3.2 Modellering

Affaldets kemiske sammensætning har betydning for, hvor forurenede røggassen og restprodukterne bliver af forskellige stoffer. Beregning af den kemiske sammensætning er foretaget som beskrevet i afsnit 4.2. Modellering af selve forbrændingsprocessen på forbrændingsanlægget er nærmere beskrevet i bilag 1. Anvendelse og deponering af restprodukter indgår ikke i miljøvurderingen, men mængden af dem kan opgøres. Der er ikke tilstrækkeligt data til at vurdere disse. Desuden forventes miljøpåvirkningen fra dem at være minimal i de første 100 år, som er miljøvurderingens tidshorisont.

Et væsentligt element er udnyttelsen af affaldets energi til produktion af elektricitet og fjernvarme. Denne produktion substituerer anden energiproduktion. Knudmoseværket leverer energi til fjernvarmenettet i Herning og el til det nationale marked. Fjernvarmenettet forsynes også af Herningværket, der er et kraftvarmewærk. Energiproduktionen på Herningværket er baseret på flis som hovedbrændsel og naturgas som supplerende brændsel (Elsam Kraft A/S, 2005). Herningværket kunne alene forsyne kommunens fjernvarmenet, hvis affaldsforbrændingsanlægget ikke var der. Tabel 7 viser de to værkers el- og varmeproduktion, samt deres relative andel af den samlede produktion.

Tabel 7. Energiproduktion på Knudmoseværket og Herningværket 2004 (Energigruppen Jylland A/S, 2005), (Elsam Kraft A/S, 2005).

Energiproduktion 2005	Knudmoseværket [MWh]	Herningværket [MWh]	Knudmoseværket Relativ andel	Herningværket Relativ andel
Elproduktion, brutto	27.728	307.913	-	-
Elproduktion, netto	24.059	285.377	8%	92%
Varmeproduktion, brutto	85.630	604.722	-	-
Varmeproduktion, netto	85.510	604.167	12%	88%

Produktionen på Knudmoseværket er forholdsvis ensartet over hele året. Varmeproduktionen på Herningværket justeres i forhold her til, hvilket betyder, at produktionen her er mindre om sommeren end om vinteren, hvor varmebehovet er størst. Den marginale energiproduktion er den del af produktionen, som kan justeres, hvis den samlede produktion skal øges eller mindskes. Om sommeren er flis det marginale brændsel, og om vinteren er det naturgas. Det antages således, at Knudmoseværket halvdelen af året substituerer det CO₂-neutrale flis og halvdelen af året substituerer naturgas, der er et fossilt brændsel.

Produceret elektricitet afsættes normalt på et nationalt marked, men da Herningværket er mere effektivt end Knudmoseværket, bliver der ingen substitution. Dette skyldes, at hvis varmen blev produceret på Herningværket i stedet for Knudmoseværket, ville der blive produceret mere el, end det er tilfældet på Knudmoseværket. Da Knudmoseværket udelukker Herningværkets varmeproduktion, udelukker den også mere el, end det selv kan producere. Dette el skal så produceres på et traditionelt kulfyret kraftværk, der er markedets marginal, og som er mere forurenende end Herningværket. Opsummerende kan der om Knudmoseværkets substitutionen siges:

- Halvdelen af varmeproduktionen på årsbasis substituerer fossilt brændsel
- Halvdelen af varmeproduktionen på årsbasis substituerer biobrændsel
- For hver kWh varme, der produceres på Knudmoseværket, skal der produceres 0,15 kWh el på et kulfyret kraftværk i stedet for et naturgasfyret værk.

5.3.3 Transport

Der er ingen transport af affaldet, da det køres direkte til forbrændingsanlægget under indsamlingen.

5.4 P-kasser

5.4.1 Behandlingsform

I 2004 blev p-kasserne transporteret til Modtagestation Vestjylland I/S, hvor deres indhold blev sorteret manuelt. Fra 2005 varetages sorteringen i stedet af Herning Kommune på Nederkærgård Genbrugs- og Affaldsplads, hvor det farlige affald frasorteres, mens de øvrige fraktioner bliver blandet sammen med det affald, der indsamles på genbrugspladsen. Også her foregår sorteringen manuelt. Det betyder, at der ikke regnes med nogen energi- og ressourceforbrug til sorteringen. P-kasserne udsorteres i seks fraktioner af ikke-farligt affald og fem fraktioner af farligt affald.

5.4.2 Modellering

Behandlingen af de udsorterede fraktioner kan modelleres på samme måde som lignende fraktioner i dagrenovation, storskrald og farligt affald. Tabel 8 viser hvilke fraktioner, der inkluderes i modelleringen. Mængdemæssigt inkluderes halvdelen af affaldet. Der henvises til beskrivelserne af de respektive fraktioner i bilagsrapporterne for dagrenovation, storskrald og farligt affald. Også transporten af affaldet modelleres på samme måde som for de nævnte fraktioner.

Tabel 8. Modellering af p-kassens fraktioner.

Fraktioner	Modellering af behandling
Glas	Dagrenovation – Glas
Jern og metal	Se storskrald – Jern og metal
EE-affald	Ikke modelleret
Deponiaffald	Ikke modelleret
Brændbart affald	Dagrenovation – Forbrænding på Knudmoseværket
Blyakkumulatorer	Storskrald – Blyakkumulatorer
Spraydåser	Ikke modelleret
Medicin	Ikke modelleret
Lyskilder	Ikke modelleret
Batterier	Ikke modelleret (se evt. bilagsrapport 3)
Maling	Ikke modelleret (se evt. bilagsrapport 3)

5.5 Emballageaffald

5.5.1 Behandlingsform

Emballage af plast og metal kan genanvendes. Indsamling er endnu ikke så udbredt i Danmark, men i eksisterende ordninger indsamles ofte forskellige typer blandet emballage, som efterfølgende sorteres. Sorteringen foregår i høj grad manuelt, og energiforbruget til det er derfor minimalt. Plast anvendes til produktion af et granulat, der indgår i produktion af nye plastprodukter. Genvindingsprocessen omfatter forbehandling i form af shredding, vask, separation og tørring. Derefter smeltes og granuleres plasten. Størstedelen af plast i Danmark oparbejdes i Sydøstasien (Schmidt & Strömberg, 2006). Metal i form af aluminium og jern separeres og kan omsmeltes. Oparbejdningen sker på et internationalt marked og kan finde sted i både Europa, Asien og Amerika.

5.5.2 Modellering

Forsortering af materialerne inkluderes ikke, da det sandsynligvis vil foregå manuelt, samt fordi denne fase ofte er negligerbar i forhold til den øvrige behandling.

Genvinding af aluminium og jern fra emballage modelleres på samme måde som for metalfraktionen fra storskrald, se bilagsrapport 2.

Plastaffaldet vil bestå af enten PE eller PP, men der er ikke stor forskel på produktion og genvinding af de to typer plast. Her er det valgt at modellere plasten som PE. Processerne, som anvendes, stammer fra databasen i EASEWASTE og er følgende:

- Genvinding *PE (Polyethylene) "Pure" - remelted*
- Substitution *PE, High Density, (Polyethylene) TERMINATED*

Der er intet svind udover det, der er inkluderet i de valgte processer:

- Plastaffald → Plast til genanvendelse: 1 kg → 1 kg
- Plast til genanvendelse → Plastgranulat: 1 kg → 0,90 kg (10% materialetab)
- Plastgranulat ← Nyt plast: 1,1 kg ← 1 kg (10% lødighedstab)

5.5.3 Transport

Da indsamling af emballageaffald modelleres som et fremtidsscenario, vides det ikke, hvor behandlingen finder sted. Sandsynligvis vil det finde sted uden for Danmark og endda også uden for Nord- og Vesteuropa. Hvis det finder sted i Sydeuropa, vil transporten foregå med lastbil, mens det vil være med skib til Asien. Begge dele er mere energikrævende end transport til lande nær Danmark. Det er valgt at antage, at transporten er 2500 km med lastbil, svarende til Sydeuropa. Dette transportsценario er det mest energikrævende. Energiforbruget til transport med skib til Asien, vil være ca. det halve.

6 Referencer

Domela, Ilonka & Petersen, Claus (2003). *Sammensætning af dagrenovation og ordninger for hjemmekompostering*. Miljøprojekt nr. 868, 2003. Miljøstyrelsen, Miljøministeriet.

Elsam Kraft A/S (2005). *Grønt Regnskab, Elsam Kraft A/S, Herningværket*. Elsam Kraft A/S, Herningværket.

Energigruppen Jylland A/S (2005). *Grønt regnskab 2004, Knudmoseværket*. Energigruppen Jylland A/S, Knudmoseværket.

Frees, Niels (2002). *Miljømæssige fordele og ulemper ved genvinding af plast. Eksempler med udgangspunkt i konkrete produkter*. Miljøprojekt nr. 657, 2002. Miljøstyrelsen, Miljøministeriet.

Herning Kommune (2003). *Vejledning om ordninger for affald fra husholdninger*. Miljøafdelingen, Teknik og Miljø, Herning Kommune.

Herning Kommune (2006). Div. data for affaldsmængder mm. 2004-2005. Miljøafdelingen, Teknik og Miljø, Herning Kommune.

Pers. komm. Bach (2005). Finn Bach, Midtjysk Flaske Central, Karup. Div. telefonsamtaler 2005.

Pers. komm. Merrild (2005). Kim Merrild, Averhoff & Co., Herning. div. telefonsamtaler 2004-2005.

Riber, Christian & Christensen, Thomas Højlund (2006). *Måling af tungmetaller i dansk dagrenovation og småt brændbart*. Miljøprojekt nr. 1085, 2006. Miljøministeriet, Miljøstyrelsen.

Schmidt, Anders & Strömberg, Karin (2006). *Genanvendelse i LCA – systemudvidelse*. Miljønyt nr. 81, 2006. Miljøministeriet, Miljøstyrelsen.

Bilag 1: Forbrændingstest**Analyse af dagrenovation i Herning***ved forbrændingstest på Knudmoseværket***Notat**

Dette notat omhandler analysen af dagrenovation fra Herning Kommune ved forbrænding af denne affaldstype over 12 timer 24. august 2005 på Knudmoseværket.

Affaldet

Dagrenovationen indsamlet i Herning Kommune d. 22., 23. og 24. august placeres separat i siloen. I alt var der behov for ca. 150 ton, hvilket blev indsamlet på de tre dage. Indfyringen af dagrenovation startede 12 timer før forsøgsstart (d. 23. kl. 18.00) og stod således på i 24 timer.

Opholdstid

Før testen blev opholdstiden i ovnen og i slaggekølingssystemet målt for at sikre, at ovnen var tømt for andet affald inden forsøgsstart og for at sikre, at slaggeprøverne tilhørte forsøgsaffaldet. Opholdstiden blev målt ved at indfyre et stort antal metalfragmenter og måle tiden, indtil de kom ud af anlægget sammen med slaggen. Opholdstiden i ovnen blev målt til gennemsnitlig 5 timer og 18 minutter, for systemet samlet var opholdstiden på 9 timer og 11 minutter. Opholdstiden blev målt med en spredning af resultaterne inden for 17 % af middelværdien, og 3 ud af 25 fragmenter forsvandt under testen.

Forbrændingstesten

Testen blev udført over 12 timer d. 24. august fra 06-18, hvor alle forbrug og produkter blev monitoreret. Grundet den lange opholdstid for slaggen blev denne prøvetaget tre timer forskudt fra 9-21. Røggassen blev målt i 7 ud af testens 24 timer og flyveasken blev målt under hele testen. Spildevandet fra den våde røggasrensning blev målt ved at tilbageholde spildevandet i skrubberen i 1,5 time og derefter analysere indholdet. I alt blev 60,4 ton dagrenovation forbrændt under testen, og 9,9 ton slagge, 1,3 ton flyveaske, 10500 l spildevand og 138000 Nm³ røggas blev prøvetaget. Forbrændingstesten forløb planmæssigt uden større afvigelser fra normal drift, og testen medførte ingen overskridelser af miljøvilkår.

Resultater

Forbrændingstestens primære resultat er den kemiske sammensætning af dagrenovationen fra Herning, der er opgivet i tabel 1. Denne kemiske sammensætning fremkommer ved, at der udføres en massebalance for anlægget under forsøget, hvorefter det aktuelle flow af kemiske stoffer kan beregnes og sammenstykket til affaldets kemiske sammensætning. Dagrenovationens nedre brændværdi blev målt til 10,8 GJ/ton (2580 kcal/kg) for vådt affald, og den øvre brændværdi blev målt til 12,0 GJ/ton vådt affald. Knudmoseværket blev målt til at udnytte 96 % af affaldets nedre brændværdi og 87 % af den øvre, hvilket er væsentligt mere end de fleste danske forbrændingsanlæg. Dagrenovationens vandindhold blev målt til 22,2 %, og indholdet af aske blev målt til 18,5 % af det våde affald, heri er indregnet 1,5 % fraseret magnetisk jern. De fleste metaller i dagrenovationen ender i restprodukterne efter forbrænding, og langt de fleste fordeler sig mellem slaggen og flyveasken. Kun Hg ender i væsentlig grad i spildevandet med 73%. For Cl ender 51 % i spildevandet, og for F ender 99 % i røggassen som HF.

Konklusioner

Den kemiske sammensætning af dagrenovation i Herning, og fordelingen ved forbrænding på Knudmoseværket er fastsat for tre dages produktion af dagrenovation i august 2005. Resultaterne af forbrændingstesten er udformet så det umiddelbart kan anvendes i en modellering af affaldssystemet i Herning med EASEWASTE.

Ved sammenligning af dagrenovationen fra Herning med tre andre målinger af dagrenovation kan det konkluderes, at indsamlingssystemet i Herning medvirker til nedbringelse af den mængde af flere af de miljøskadelige tungmetaller, der forbrændes. Dette medvirker til, at færre tungmetaller deponeres under vejanlæg og andre steder, hvor slagterne fra forbrændingsanlægget finder anvendelse.

Tabel 1. Kemisk sammensætning for dagrenovation i Herning og fordelingen ved forbrænding af dagrenovation på Knudmoseværket.

Enhed	Kemisk sammensætning		Fordeling			
	Affald våd g/ton	Affald Tør g/ton	Flyveaske	Slagge	Spildevand	Røggas
As	5,8	7,5	44%	55%	0,1%	0,0%
Ba	103	132	15%	85%	0,0%	0,0%
Be	0,1	0,1	5,6%	94%	0,0%	0,0%
Cd	4,1	5,3	82%	17%	0,8%	0,0%
Co	1,5	1,9	17%	82%	0,1%	0,0%
Cr	53	68	17%	83%	0,0%	0,0%
Cu	569	732	2,7%	97%	0,0%	0,0%
Hg	0,7	0,9	26%	0,4%	73%	0,1%
Sb	17	22	67%	33%	0,5%	0,0%
Mo	2,3	2,9	32%	68%	0,5%	0,1%
Nb	0,9	1,1	20%	80%	0,0%	0,1%
Ni	28	36	6,8%	93%	0,0%	0,0%
Pb	123	158	48%	51%	0,9%	0,0%
S	1144	1472	84%	16%	0,0%	0,0%
Sc	0,2	0,2	6%	94%	0,0%	0,4%
Sn	47	61	33%	67%	0,0%	0,0%
Sr	31	40	23%	77%	0,0%	0,0%
V	3,4	4,3	12%	88%	0,0%	0,0%
W	3,7	4,7	17%	83%	0,0%	0,0%
Y	1,0	1,3	16%	84%	0,0%	0,1%
Zn	674	867	47%	52%	0,7%	0,0%
Zr	27	35	10%	90%	0,0%	0,0%
F	0,7	0,8	0,6%	0,4%	0,0%	99%
Cl	7911	10180	40%	9%	51%	0,1%
Si	25250	32470	4,4%	95%	0,0%	0,2%
Al	7813	10050	7,7%	92%	0,0%	0,0%
Ca	11590	14910	30%	70%	0,5%	0,0%
Fe	25800	33100	1,6%	98%	0,0%	0,0%
K	1831	2355	55%	44%	1,1%	0,0%
Mg	1256	1616	20%	80%	0,4%	0,0%
Mn	133	171	11%	89%	0,0%	0,0%
Na	4412	5674	22%	74%	4,2%	0,0%
P	826	1062	15%	85%	0,0%	0,0%
Ti	758	975	19%	81%	0,0%	0,0%

Bemærk, at spildevandet renses inden det udledes til offentlig kloak, hvorfor de fleste stoffer i spildevandet deponeres som slam fra spildevandsrensningen.

Bilag 2: Korrektion af affaldssammensætning

Den kemiske sammensætning af restaffald er målt ved forbrændingstest på Knudmoseværket. Den er også beregnet teoretisk ud fra materialefraktionsmodellen. Der er uoverensstemmelse mellem de to resultater, og derfor foretages korrektion, så materialefraktionsmodellens output svarer til forbrændingstestens resultat. Ændringer i fordelingen af materialefraktioner samt i den kemiske sammensætning af visse materialefraktioner indtastes i EASEWASTE. Beregning af behandling af restaffald på Knudmoseværket vil herefter svare til resultatet af forbrændingstesten. Tabel 1 opsummerer korrektionerne.

1. Første beregning med materialefraktionsmodellen viste, at mere end 100% af modellens potentiale for papir og pap blev udsorteret. Det betyder, at der er et ekstra-potentiale for papir, som den nuværende model for dansk dagrenovation ikke tager højde for. Hvor stort dette ekstra-potentiale er, vides ikke med sikkerhed. Det er skønnet, at materialefraktionsmodellen medregner ca. 70% af det samlede papirpotentiale i Herning Kommune. Heraf indsamles ca. 80% til genanvendelse, mens ca. 20% havner i restaffaldet. De øvrige 30% af det samlede papirpotentiale i Herning Kommune må tilskrives et ekstra-potentiale, der som nævnt ikke er omfattet af materialefraktionsmodellen for dansk dagrenovation. I første omgang er papirmængden i materialefraktionsmodellen nedskaleret til 70% for at kunne gennemføre sammenligning med forbrændingstesten. Inden miljøvurderingen lægges ekstrapotentialet på 30% til materialefraktionsberegningerne igen. Af ekstrapotentialet antages 100% at gå til genanvendelse. Samlet set betyder det, at ca. 90% af det samlede papirpotentiale indsamles til genanvendelse.
2. Brændværdien er den første korrektionsparameter. Den beregnede brændværdi er for lav. Samtidig er klorindholdet også for lavt. Dette er korrigeret ved at øge andelen af ikke-genanvendeligt plast 95% og andelen af animalsk madaffald 30%. Dette er uproblematisk, da disse materialefraktioner ikke udsorteres til genanvendelse.
3. Kviksølv findes altovervejende i materialefraktionen batterier. Andelen af batterier reduceres 10% for at korrigere afvigelsen på kviksølv ned til 1,09%.
4. Da andelen af ikke-genanvendeligt plast og animalsk madaffald er øget, er andelen af papir mindsket. Derfor finjusteres ekstra-potentialet af papir.
5. Brændværdien er justeret ind. Afvigelse 0,56%.
6. Der justeres ikke yderligere på materialefraktionerne, selvom der kunne gennemføres flere iterationer.
7. Næste trin er at korrigere klor og metaller, hvor der er en væsentlig afvigelse mellem beregnede og målte værdier. Grænsen sættes ved en afvigelse på 30%. Korrektion foretages i den kemiske sammensætning i en materialefraktion, hvor det pågældende stof er præsenteret. I alle tilfælde øges koncentrationen af stoffet.
8. Afvigelsen på klorindholdet er 28%. Dette nedjusteres til 0% ved at øge mængden af klor i ikke-genanvendeligt plast med 51,10%. Dette har ikke praktisk betydning, da emission af klor er processpecifik.
9. As, Cu, Mo, Zn tilføres i materialefraktionen Residual.
10. Ni og Cd er stærkt repræsenteret i materialefraktionen Batterier. Begge stoffer øges 138%. Dette kan tages som et udtryk for, at NiCd-batterier forekommer relativt hyppigere i materialefraktionen batterier, end tidligere analyser af fraktionen har vist.
11. Cr, Mn, Pb har en afvigelse under 30% og er ikke korrigeret.

Tabel 1: Korrektion af kemisk sammensætning

Stof	mg/kg affald	Ændring i pågældende materialefraktion	Ændres i materialefraktion
Cl	3000	+51,10%	Non-recycable plastic
As	2,1	+58,15%	Residual
Cu	257	+69,51%	Residual
Mo	1,1	-	Residual
Zn	253	+106,60%	Residual
Ni	9,0	+138%	Batteries
Cd	3,1	+138%	Batteries